

Л. Б. КАЩЕЕВ, канд. техн. наук,
А. Н. ТРУБИНА, студентка НТУ «ХПИ»

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЦИОНА ПИТАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

В статті пропонуються алгоритми оптимізації чисельних характеристик раціону харчування, тобто його калорійності, вартості, змісту поживних речовин, основу якого складає метод лінійного програмування.

В статье предлагаются алгоритмы оптимизации числовых характеристик рациона питания, т.е. его калорийности, стоимости, содержания питательных веществ, в основе которого лежит метод линейного программирования.

In the article have been proposed methods of optimization of numerical descriptions of ration of feed, the numerical characteristics is calorie content, cost, maintenance of nutritives, the method of the linear programming lies in basic of optimization.

Введение. В настоящее время линейное программирование с точки зрения уровня теоретических разработок и реализации вычислительных методов является одним из наиболее проработанных направлений в области решения оптимизационных задач. Начало этому направлению в исследовании операций положил Дж. Данцинг, разработавший в 1947 г. симплекс-метод, который встречается в литературе под названием «метод последовательного улучшения плана» [1].

Постановка задачи. Выбор пищевых продуктов для составления оптимального меню описывается линейной функцией и линейными ограничениями. В качестве целевой функции может рассматриваться минимизация энергетической ценности питания, минимизация общей стоимость продуктов, минимизация по отдельным составляющим питания (например, меню для диабетиков). Система ограничений должна гарантировать наличие в меню необходимого количества тех или иных веществ (например, «белков не менее чем ...»). Рассматривается программная реализация решения этой задачи.

Описание алгоритма. Угруппированная оценка диеты укладывается в задачу математического программирования – обеспечить человеку потребление суточных норм каждого из пищевых веществ. Включение в рацион того или иного продукта увеличивает некую интегральную характеристику меню (например, цену, калорийность). В математическом виде постановка задачи сводится к минимизации целевой функции [1,2]:

$$f(x) = \sum_i k_i x_i \rightarrow \min, \quad (1)$$

где k_i – весовой коэффициент, определяющий вклад в интегральную оценку (калорийность, стоимость, объем);

x_i – рассчитываемое количество i -го продукта;

i – номер продукта, $i=1, \dots, n$;

n – количество продуктов, участвующих в составлении диеты.

Исходными данными для разработки диеты является база данных [3,4], содержащая информацию об интересующих параметрах продуктов – содержании в них белков, жиров, углеводов, витаминов А, В₁, В₂, РР, С, минеральных веществ: натрия, кальция, калия, железа, магния и фосфора. Экранная форма фрагмента данной таблицы представлена на рисунке (приведен скрин-шот компонент DBGrid визуальной среды Delphi, отображающий числовые характеристики продуктов из группы связанных таблиц с характеристиками пищевой ценности продуктов; ключи для связи с другими таблицами, флажки наличия на складе и данные по остальным витаминам на рисунке не приведены).

№	Наименование продукта	Белки	Жиры	Углеводы	Кальц	Натрий	Калий	Кальций	Магний	Фосфор	Железо	Вит. В1	Вит.
79	Крупа гречневая	12,6	2,6	68	326	0	167	70	98	298	8	0,53	0
80	Крупа кукурузная	8,3	1,2	75	325	55	147	20	36	109	2,7	0,13	0
81	Крупа манная	11,3	0,7	73,3	326	22	0	20	30	84	2,3	0,14	0
82	Крупа овсяная	11,9	5,8	65,4	345	45	292	64	0	0	0	0	0
83	Крупа перловая	9,3	1,1	73,7	324	0	172	38	94	323	3,3	0,12	0
84	Крупа пшеничная	12,7	1,1	70,6	325	0	0	0	0	261	6,4	0,3	0
85	Крупа рисовая	7	0,6	77,3	323	26	54	24	21	97	1,8	0,08	0
86	Крупа ячневая	10,4	1,3	71,7	322	0	0	0	0	343	1,6	0,27	0

Пример данных из таблицы «Продукты»

Существует возможность дополнения информации о видах продуктов, обновления данных о содержании питательных и минеральных веществ.

Специфика задачи накладывает на решение ряд ограничений, так полученные математически корректные результаты могут быть физически нереализуемы. Таким образом, необходимо учитывать следующее [2]:

1) рекомендуемое количество продукта x_i не может отрицательным числом, т.е.

$$x_i \geq 0, \quad (2)$$

2) суммарный вес рекомендуемых продуктов должен соответствовать реальному количеству продуктов, которое человек в состоянии потратить в течение дня S , т.е.

$$\sum_i x_i \leq S, \quad (3)$$

3) рекомендованное количество продуктов должно как минимум удовлетворять суточным нормам потребления пищевых веществ, т.е.

$$\sum_i x_i K_{ij} \geq N_j, \quad (4)$$

где N – вектор, элементы которого равны суточной потребности организма в j -м веществе;

K – матрица размера $n \times m$, (n – количество учитываемых веществ, m – количество продуктов, участвующих в составлении диеты), каждый элемент которой равен количеству j -го вещества в i -м продукте.

В результате проведенной работы был разработан программный пакет, который рассчитывает количество продуктов, удовлетворяющее заданному содержанию питательных веществ, витаминов, удовлетворяющее заданному содержанию питательных веществ, витаминов, при этом оптимизирует калорийность меню или же другой числовой параметр. Например, для удовлетворения потребности в 35 мг белка, 5 мг жира и 14 мг углеводов за счет хлебобулочных и молочных продуктов предлагается следующий вариант меню (табл. 1).

Таблица 1

Рассчитанное количество продуктов

Продукты	Количество, г	Содержание, г		
		Белки	Жиры	Углеводы
Батон	10	0,79	0,1	5,19
Кефир 2,5%	150	4,5	3,75	5,7
Творог 1%	200	33,4	2	3,2

Общая калорийность составленного меню оптимизирована и составляет 284,1 ккал. Заметим, что данное меню можно рассматривать лишь как удачную рекомендацию, но не более. Это обусловлено усредненными исходными данными и особенностями задачи – даже малейшие изменения в системе ограничений значительно меняют границы многогранника допустимой области, а любые изменения в коэффициентах целевой функции изменяют выбор оптимального решения. Числовые параметры плодоовощных продуктов зависят от погодных условий в конкретный год и методов обработки (приготовления). В приведенном меню могут существенно измениться содержание питательных веществ, если продукты хранятся сутки или более. Но и при этом выбираемая вершина допустимой области определяет продуктовый состав меню, который вполне соответствует рациональному питанию, а конкретная рекомендация для реального пациента может быть выбрана на его основе врачом-диетологом.

Выводы. Проанализировав все преимущества и недостатки этого метода, становится очевидным, что разработка средствами линейного программирования дает далеко не идеальные результаты. Например, в

окончательное решение войдет столько продуктов, сколько ограничений имеет задача. Но редко кто из нас питается ежедневным рационом менее, чем из 40 исходных продуктов. Следует учесть, что большое число продуктов требует на каждом этапе итераций решения системы линейных алгебраических уравнений больших размеров, что ведет к накоплению ошибки и срыву задачи по точности. Кроме того, проанализировать точное содержание питательных веществ в продукте невозможно, поэтому числовые характеристики продуктов являются лишь усредненными.

Но с другой стороны общепризнанных программ для подбора меню и оптимизации его калорийности, стоимости или содержания какого-либо питательного вещества по заданным характеристикам продуктов практически нет. Во всемирной сети Internet можно найти много пакетов для составления меню, но все они достаточно примитивны и вряд ли основываются на каких-либо математических методах. В большинстве подобных программ используются заранее заготовленные «шаблоны» меню, количество продуктов в которых подгоняется под конкретного пациента. Это легко заметить, если попытаться исключить из меню тот или иной продукт. В жизни практически каждый пищевой компонент можно заменить другим или другими, включающими необходимые питательные вещества. В этом плане алгоритмы линейного программирования гибче и позволяют врачу-диетологу, например, оперировать с набором продуктов, имеющихся на складе (наложение фильтров на базу данных продуктов по параметру «Наличие на складе» или дополнительной таблице приходно-расходных накладных вполне обычная задача для современных СУБД [3,5]). С усовершенствованием вычислительной техники острота вопроса о быстродействии и точности постепенно ослабевает, а использование «длинных» типов данных позволяет много итераций удерживать точность на определенном уровне. В связи с этим разработанная программа может быть использована в качестве информативно-советующей системы для ориентировочного расчета меню.

Список литературы: 1. Зайченко Ю.П. Исследование операций.– К.: Вища школа, 1975.– 352 с. 2. Браун Р., Мэзон Р., Фламгольц Э. и др. Исследование операций. Пер. с англ. – М.: Мир, 1999. – С. 120 – 149. 3. Гарсия-Молина. Системы баз данных – полный курс. – СПб.: Питер, 2003. – 809 с. 4. Сахаров А.А. Принципы проектирования и использования многомерных баз данных. – М.: Изд. Дом Вильямс, 1996. – 300 с. 5. Архангельский А.Я. Программирование в Delphi 6. – М.: БИНОМ, 2003. – 1120 с.: ил.

Поступила в редколлегию 15.11.07